

## 二国間交流事業 共同研究報告書

平成23年10月31日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

共同研究代表者所属・部局 甲南大学・理工学部

職・氏名 (ふりがな) 教授・宇都宮弘章  
うつのみや ひろあき

1. 事業名 相手国(ベルギー)との共同研究 振興会対応機関(F N R S)

2. 研究課題名 光核分解による低位ガンマ線強度の系統的研究

3. 全採用期間

平成21年10月1日～平成23年9月30日 (2年0ヶ月)

4. 経費総額

(1) 本事業により執行した研究経費総額 4,608,000円

初年度経費 1,382,000円、 2年度経費 2,424,000円、 3年度経費 802,000円

(2) 本事業経費以外の国内における研究経費総額 2,400,000円

5. 研究組織

(1) 日本側参加者（代表者は除く）

氏名 <small>(ふりがな)</small>	所属・職名	研究協力テーマ
あきむねひでとし 秋宗秀俊 はらだひでお 原田秀郎 きたたにふみと 北谷文人 やまだかわかつ 山田家和勝 とよかわひろゆき 豊川弘之	甲南大学工学部・准教授 (独)日本原子力研究開発機構・研究員 (独)日本原子力研究開発機構・研究員 (独)産業技術総合研究所・研究員 (独)産業技術総合研究所・研究員	光中性子の検出 ガンマ線のエネルギー分布の決定 ガンマ線のエネルギー分布の決定 レーザー逆コンプトンガンマ線の発生 レーザー逆コンプトンガンマ線の発生

(2) 相手国側研究代表者

所属・職名・氏名

ブリュッセル自由大学・FNRS研究員・ステファン ゴリエリStephane GORIELY

(3) 相手国参加者（代表者は除く）

氏名	所属・職名（国名）	研究協力テーマ
リオネール シエス Lionel SIESS ニコラ シャメル Nicolas CHAMEL	ブリュッセル自由大学・FNRS 研究員 ブリュッセル自由大学・FNRS 研究員	ガンマ線強度関数の余剰強度の理論的研究 天体モデルによる元素合成の理論的研究「

6. 研究実績概要（全期間を通じた研究の目的・研究計画の実施状況・成果等の概要を簡潔に記載してください。）

放射性中性子捕獲反応は重元素合成プロセスと原子力核データとして重要な位置づけを持つ。放射性中性子捕獲反応において支配的な統計的核物理量である「ガンマ線強度関数」を系統的に研究することを目的とした。系統的研究の主な対象はスズ安定同位体 7 核種とモリブデン同位体 6 核種であった。さらに、対象をパラジウム同位体とジルコニウム同位体に拡張した。

系統的研究のためスズ同位体 1 核種 (Sn-124) とモリブデン同位体 6 核種 (Mo-94, 95, 96, 97, 98, 100) の光中性子反応データを取得した。また、鉛同位体 1 核種 (Pb-208) とジルコニウム同位体 1 核種 (Zr-90) についても実験データを取得した。実験は甲南大学—産業技術総合研究所（以下産総研）—日本原子力機構（以下 JAEA）の共同研究として、産総研のテラス電子蓄積リングで発生するレーザー逆コンプトンガンマ線ビームを用いて行った。JAEA の光子スペクトロメーター HHS を用いて、レーザー逆コンプトンガンマ線のエネルギー分布を決定し、甲南大学の全方位型高効率中性子検出器を用いて光核反応で発生する中性子を検出した。実験は平成 21 年度に 2 回、平成 22 年度に 2 回実施した。取得した実験データの解析を行い、光中性子反応断面積を導出した。

ブリュセル自由大学を訪問しゴリエリ博士とスズ同位体 7 核種、モリブデン同位体 6 核種、パラジウム同位体 3 核種 (Pd-105, 106, 108)、ジルコニウム同位体 5 核種 (Zr-90, 91, 92, 94, 96) について、ガンマ線強度関数に関する系統的研究を行った。訪問は平成 21 年度 1 回（3 月 11 日間）、平成 22 年度 2 回（8-9 月 13 日間、3 月 11 日間）、平成 23 年度 1 回（8-9 月 8 日間）であった。

ガンマ線強度関数のいろいろな原子核モデルを使って実験データを系統的に解析したところ、ガンマ線強度関数の主強度である原子核の巨大共鳴の低エネルギーテイルは、微視的モデルである非相対論的平均場 (Hartree-Fock-Bogoliubov: HFB) + 準粒子乱雑位相近似 (quasiparticle random-phase approximation: QRPA) 計算でよく記述できることが判明した。主強度に対してさらに進んだ相対論的平均場 + QRPA 計算が開発されている。一方、現象論的なローレンツ関数型のガンマ線強度関数は低エネルギーで過剰な強度を持つことが分かった。また、余剰成分としてピグミー E1（電気的雙極子）共鳴と M1（磁氣的雙極子）共鳴が中性子しきい値付近に存在することが明らかになった。HFB+QRPA 計算によって余剰強度の微視的計算が行われたが、共鳴エネルギーが実験データより高く出るなど実験データの理解は定性的な水準に留まり、定量的な精度には至っていない。微視的モデルによる余剰強度の定量的理解は将来の課題である。

安定同位体核種のガンマ線強度関数に関する系統的研究によって、不安定核の放射性中性子捕獲断面積を間接的に決定する研究手法「ガンマ線強度関数法」が新たに開発された。不安定核の研究は世界的な流行を迎えており直接測定のために大強度中性子ビームが欧州、アメリカ、日本で開発されている。しかし、直接測定が可能な不安定核種は少数に限られており、間接手法の果たす役割は大きい。本研究で開発された間接手法を利用する研究プロジェクトをあらたに検討している。

研究成果はアメリカの学術雑誌フィジカルレビュー C に 4 編、日本原子力学会欧文誌に 3 編の論文として発表した（平成 23 年 11 月に掲載決定になったものを含む）。ギリシャ、ノルウェー、カナダで開催された国際会議で 3 件の口頭発表を行った。国際会議で研究成果のポスター発表を 3 件行った。日本物理学会（新潟大学）と日本原子力学会（福井大学）で 1 件ずつ研究発表を行った（東日本大震災のため学会は開催されなかったが、研究発表は成立している）。その他、東京（上野）、茨城（東海）、大阪（阪大）で開催された 3 つの国内研究会で研究発表を行った。